

LAPORAN PROYEK
OTOMASI
PROTOTIPE *OBJEK FOLLOWER*



Laporan ini disusun untuk memenuhi tugas

Mata Kuliah Otomasi

Dosen Pengampu : Denny Darmawan, S.Si., M.Sc.

Disusun oleh :

Nama : Sigit Khoirul Anam
NIM : 20307141041
Kelas : Kimia E 2020

PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2023

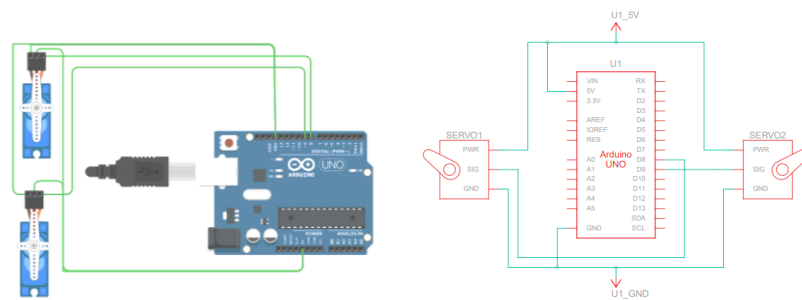
A. Tujuan

1. Membuat prototipe *objek follower*
2. Memahami konsep dari sistem otomasi *objek follower*
3. Menganalisis fungsi transfer dari sistem otomasi *objek follower*

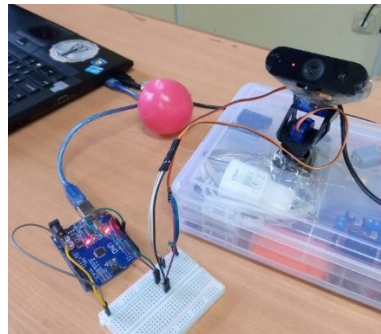
B. Desain Proyek

1. Sistem Fisis

Beberapa komponen yang terlibat dalam sistem fisis antara lain dua buah motor servo, mikrokontroller, kamera, komputer, kabel jumper, *pan-tilt bracket*, dan papan rangkaian. Berikut adalah ilustrasi dan diagram skematik dari mikrokontroller yang terhubung dengan dua motor servo



Gambar 1. Diagram Skematik Mikrokontroller



Gambar 2. Tampilan Prototipe

2. Sub Komponen

a. Sensor



Gambar 3. Sensor

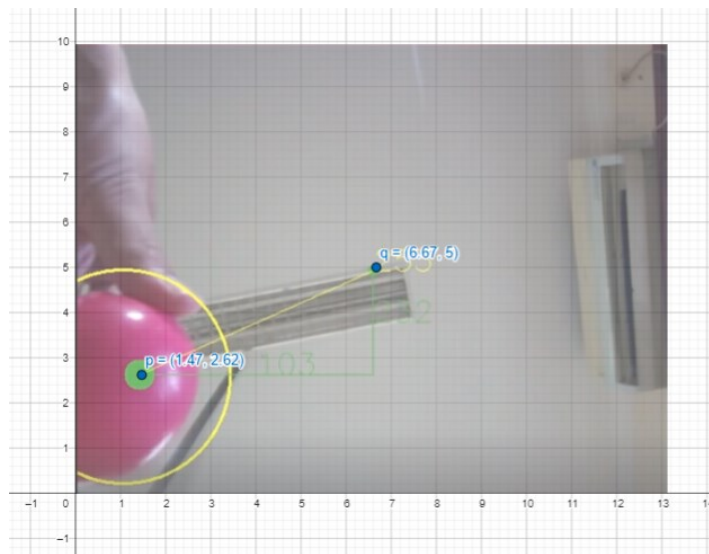
Sensor yang digunakan berupa sensor sinar tampak atau umumnya disebut dengan kamera. Jenis kamera yang dipakai merupakan kamera Hikvision DS-U02.

b. Pemroses gambar



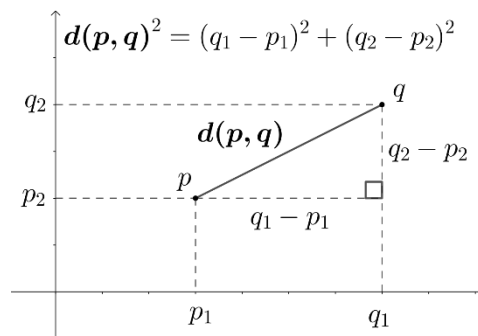
Gambar 4. Komputer dan python

Melalui kamera, komputer jenis Lenovo Thinkpad T-430 digunakan untuk mendeteksi objek berupa bola merah dengan bahasa pemrograman python.



Gambar 5. Representasi Frame

Dalam opencv python, frame direpresentasikan dalam koordinat kartesian dengan pojok kiri bawah bernilai 0 untuk sumbu x dan sumbu y. Maka jarak antara titik tengah (q) kamera dengan posisi objek (p) dapat diukur menggunakan rumus euclidian sebagai berikut



Gambar 5. Euclidian *distance*

Sehingga didapatkan d sebagai nilai jarak antara posisi objek dengan titik tengah kamera. Nilai d akan digunakan sebagai input dalam sistem kendali menggunakan pengendali PID.

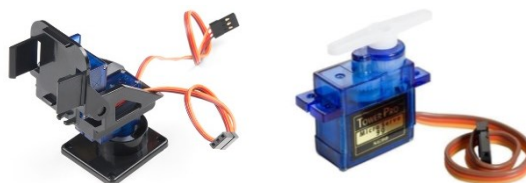
c. Mikrokontroller



Gambar 6. Mikrokontroller Arduinio Uno

Mikrokontroler adalah suatu chip berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dapat menerima sinyal input, mengolahnya dan memberikan sinyal output sesuai dengan program yang diisikan ke dalamnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno yang bertugas untuk meneruskan singal dari output berupa jarak yang di *mapping* kedalam sebuah bentuk nilai derajat untuk menggerakkan motor servo.

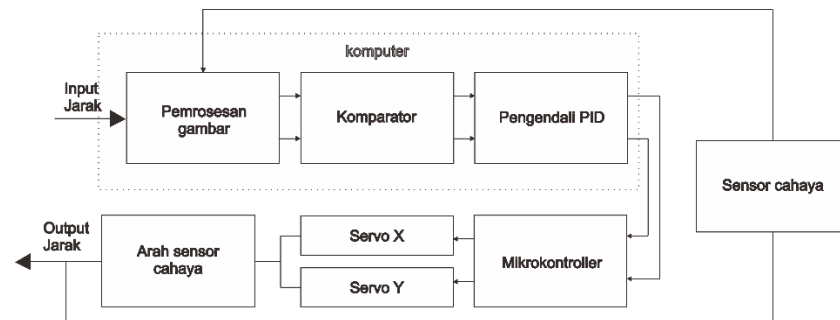
d. Motor Servo



Gambar 7. Servo ditempatkan dalam braket

Motor Servo yang digunakan adalah jenis servo dengan derajat rotasi antara 0 sampai 90 derajat. Dua buah servo, servo X dan servo Y, ditempatkan dalam braket, satu servo untuk bergerak secara horizontal dan satunya lagi untuk bergerak secara vertikal.

3. Diagram Blok



4. Fungsi Transfer

a) Fungsi transfer pengendali PID

Fungsi transfer $G(s)$ dari controller PID. Controller PID menghasilkan output yang merupakan gabungan dari output controller proporsional, integral, dan derivatif. Didefinisikan dalam persamaan differensial sebagai

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t) \cdot dt + K_D \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Kemudian ditransformasikan laplace

$$U(s) = \left(K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \right) E(s)$$

Fungsi transfer akan menjadi

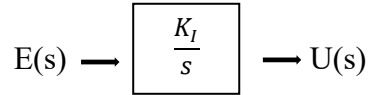
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s$$

1) Kontrol Integral

Mode kontrol dimana output pengontrol sebanding dengan integral error sehubungan dengan waktu, dituliskan sebagai berikut

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_I}{s}$$

Dapat juga direpresentasikan dalam diagram



2) Kontrol Proporsional + Differensial

$$G_c(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_p + sK_D$$

b) Fungsi transfer motor servo

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{\frac{K_t}{R_a J_m}}{s \left[s + \frac{1}{0,01} \left(D_m + \frac{K_t K_b}{R_a} \right) \right]}$$

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{\frac{0,01}{0,01}}{s \left[s + \frac{1}{0,01} (D_m + 0,01 K_b) \right]}$$

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{1}{s \left[s + \frac{1}{0,01} (D_m + 0,01 K_b) \right]}$$

c) Fungsi transfer total

Fungsi transfer total didapatkan dengan mengalikan semua transfer fungsi setiap sub komponen. sehingga didapatkan persamaan umum fungsi transfer (TF) sebagai berikut

$$TF_{total} = TF_1 \times TF_2 \times TF_3 \times \dots \times TF_n = \frac{Output}{Input}$$

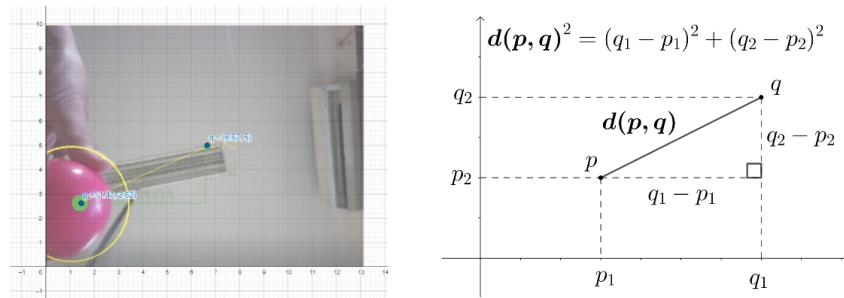
Dengan mengetahui fungsi transfer total dari sistim, dapat dihitung output untuk input dari sistim dengan memanipulasi persamaan

$$Output = TF_{total} \times Input$$

C. Pembahasan

Prototipe sistem kendali otomatis *object follower* berhasil dibuat. Pembuatan ini dilatarbelakangi motivasi penulis untuk memperdalam pengetahuan tentang sistem kendali yang memanfaatkan proses deteksi object (object detection) sebagai sensor dalam sistem kendali. Komponen sistem ini meliputi sensor sinar tampak berupa kamera, komputer dengan bahasa pemrograman python, mikrokontroller, dan dua buah servo yang terpasang pada braket, kabel jumper, dan *breadboard*.

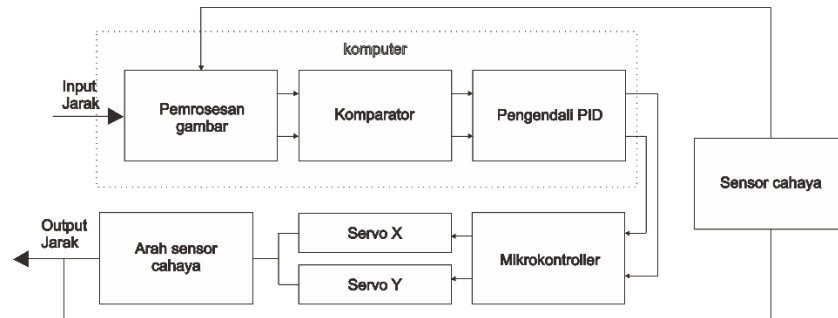
Kamera mengambil data dari komputer dan mengirimkan sinyal sensor ke komputer. Komputer menerima sinyal dari kamera dan mengolahnya dengan bahasa pemrograman python. Salah satu pustaka yang digunakan python dalam pemrosesan gambar adalah opencv. Pustaka tersebut telah memiliki fungsi bawaan yang dapat mendeteksi object yang berbentuk lingkaran dengan warna yang dapat ditentukan sendiri dengan kode warna RGB (*lower to upper color*). Object yang telah terdeteksi diambil titik tengahnya untuk diukur jaraknya dengan titik tengah gambar yang dihasilkan oleh kamera. Karena opencv merepresentasikan gambar sebagai koordinat kartesian maka jarak tersebut dapat diukur menggunakan rumus jarak euclid



Gambar 8. Jarak yang diukur

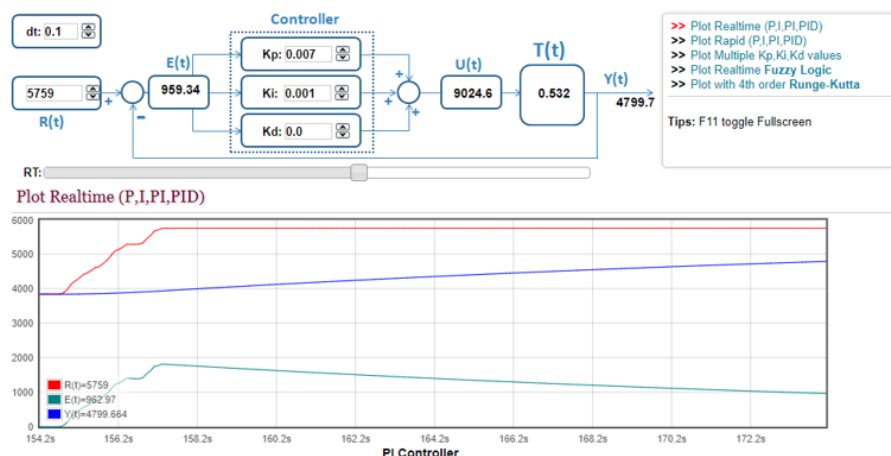
Rumus jarak euclid akan memberikan jarak yang terukur dari titik tengah gambar dengan titik dimana object berada (d). Maka nilai d dipakai sebagai input dalam sistem otomatisasi ini. Dengan menerapkan operasi derivatif, integral, dan proporsional (PID) pada nilai tersebut akan dievaluasi kesalahan jarak yang sebenarnya dengan jarak yang diinginkan. Jarak yang diinginkan atau set point dalam hal ini adalah titik tengah gambar.

Kemudian keluaran dari pengontrol PID adalah dua nilai yang digunakan untuk mengatur masing-masing derajat motor servo x (horizontal) dan motor servo y (vertikal). Nilai tersebut diteruskan ke mikrokontroler melalui serial yang berjalan pada 9600 baudrate. Dari mikrokontroler kemudian baru dihubungkan ke motor servo x dan motor servo y, digambarkan dalam diagram blok sebagai berikut



Gambar 9. Diagram blok sistem otomasi

Kamera disini juga digunakan untuk memberikan *negative feedback* yang dikirimkan ke komputer untuk diolah melalui pengontrol PID. Karena sistem ini hanyalah sebuah prototipe, beberapa bagian dalam bagian dalam sistem ini memiliki konstrukstur yang lemah terutama pada braket motor servo. Hal tersebut membuat braket motor servo bergoyang goyang ketika ada perubahan gerakan servo yang mengakibatkan adanya *overshoot* ketika diplot antara jarak yang ditingkan dengan jarak yang sebenarnya. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan tuning parameter PID sedemikian rupa sehingga didapatkan parameter *underfitting*



Gambar 10. Underfitting didapatkan dengan mengatur parameter K_p 0.007, K_i 0.001, dan K_d 0.0

Selain itu opsi lain yang dapat membantu dalam memperbaiki sistem otomasi karena braket yang lemah adalah dengan menambahkan delay pada setiap *looping* pemrogramannya

Fungsi transfer digunakan untuk analisis lebih lanjut, karena keterbatasan pengetahuan penulis, dalam sistem otomasi ini fungsi transfer yang diperhitungkan hanya meliputi fungsi transfer motor servo dan fungsi transfer pengontrol PID. Fungsi transfer kompomem motor servo direpresentasikan dalam persamaan matematis berikut

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{1}{s \left[s + \frac{1}{0,01} (D_m + 0,01K_b) \right]}$$

Fungsi transfer komponen pengontrol PID direpresentasikan dalam persamaan matematis berikut

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s$$

Fungsi transfer total diperoleh dengan mengalikan fungsi transfer setiap komponen.

$$TF_{total} = TF_1 \times TF_2 \times TF_3 \times \dots \times TF_n = \frac{Output}{Input}$$

D. Kesimpulan

1. Prototipe sistem otomasi *object follower* berhasil dibuat dengan beberapa penyesuaian
2. Input sistem ini berupa jarak antara titik tengah dengan letak objek yang terdektesi kemudian diatur oleh pengontrol PID untuk mengevaluasi jarak yang diinginkan dengan jarak yang diharapkan dengan bantuan sensor cahaya sebagai *negative feedback*. Nilai dikirimkan ke servo sebagai komponen yang dikendalikan untuk merubah derajat servo.
3. Didapatkan dua fungsi transfer untuk komponen motor servo dan pengontrol PID

$$\frac{\theta_m(s)}{E_a(s)} = \frac{1}{s \left[s + \frac{1}{0,01} (D_m + 0,01K_b) \right]}$$

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_I}{s} + K_D \cdot s$$

Lampiran

Link sourcode <https://github.com/anamsigit/Camera-Auto-Track-use-Arduino-and-PID-Controller>

Link video https://www.youtube.com/watch?v=QnJYj1_6FVE